

2026

Test Termodinamică

În rezolvare, considerați constanta universală a gazului ideal $R = 8,31 \text{ J/(mol K)}$ și numărul lui Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Aproximați valoarea temperaturii de topire a gheții în condiții normale de presiune exprimată în scara Celsius, 0°C , cu valoarea 273 K în scara absolută a temperaturii.

Subiectele 1-10 au un singur răspuns corect și se punctează cu câte 0,9 puncte fiecare, la care se adaugă 1 punct din oficiu pentru această secțiune.

Subiectele 11 și 12 se punctează cu 4 puncte, respectiv 5 puncte, la care se adaugă 1 punct din oficiu pentru această secțiune.

Nota finală $N = 0.6N_1 + 0.4N_2$, unde

N_1 = punctajul total de la problemele 1-10 + 1p din oficiu,

N_2 = punctajul total de la problemele 11-12 + 1p din oficiu.

Timp de lucru - două ore.

1. O cantitate ϑ de gaz ideal se află la temperatura T . Expresia energiei interne este:

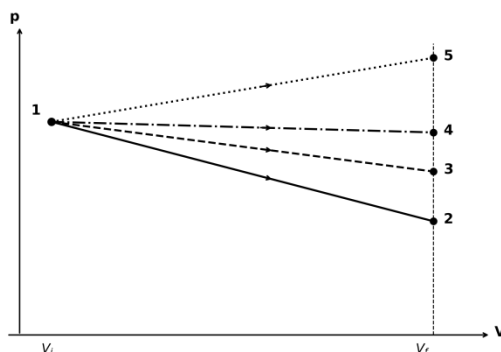
- a) $U = \vartheta C_p T$; b) $U = \vartheta RT$; c) $U = \vartheta C_v T$; d) $U = \vartheta (C_p + R) T$

Soluție: c)

0,9p

2. O cantitate de gaz ideal se destinde din aceeași stare inițială, notată cu 1, până la același volum final, prin patru procese distincte reprezentate în figura de mai jos. În care dintre procese gazul efectuează cel mai mare lucru mecanic?

- a) 1→2; b) 1→3; c) 1→4 d) 1→5



Soluție: d)

0,9p

3. Într-o transformare izocoră în care presiunea gazului ideal crește, acesta:

- a) primește caldură din exterior; b) primește lucru mecanic din exterior; c) cedează caldură în exterior; d) efectuează lucru mecanic.

Soluție: a)

0,9p

4. Un cilindru cu piston conține aer la presiunea $p_1 = 100$ kPa. Aerul este comprimat izoterm până când volumul final devine jumătate din volumul inițial. Presiunea finală este:

4. a) 125 kPa; b) 150 kPa; c) 200 kPa; d) 250 kPa

Soluție: c)

0,9p

Transformarea este izotermă: $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

dar $V_2 = V_1/2$

$$p_2 = \frac{2 p_1 V_1}{V_2} = 2 p_1$$

$$p_2 = 2 p_1 = 200 \text{ kPa}$$

5. Un gaz ideal se află într-un recipient închis, cu volum constant. Inițial, gazul are presiunea: $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Pa și temperatura $t_1 = 27$ C. Gazul este încălzit izocor până la temperatura $t_2 = 327$ C. Presiunea finală a gazului este:

- a) $4 \cdot 10^5$ Pa; b) $2 \cdot 10^5$ Pa; c) $1 \cdot 10^5$ Pa; d) $6 \cdot 10^5$ Pa

Soluție: a)

0,9p

Transformarea este izocoră, deci $V = \text{constant}$ și

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

Temperaturile trebuie exprimate în kelvini

$$T_1 = 273 + t_1 = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + t_2 = 273 + 327 = 600 \text{ K}$$

Prin urmare:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

și

$$p_2 = \frac{p_1 \times T_2}{T_1} = \frac{2 \times 10^5 \times 600}{300} = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$
$$p_2 = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

6.2 moli de gaz ideal monoatomic ($C_v = 3R/2$) suferă o transformare adiabatică de la temperatura inițială $T_i = 500 \text{ K}$ la temperatura finală $T_f = 300 \text{ K}$. Lucrul mecanic efectuat de gaz este:

6. a) 2493 J; b) 4986 J; c) 831 J; d) -4986 J

Soluție: b)

0,9p

Într-o transformare adiabatică: $Q = 0$

Principiul I al termodinamicii:

$$\Delta U = Q - L$$

Pentru $Q = 0$ rezultă:

$$\Delta U = -L$$

Variația energiei interne pentru gazul ideal monoatomic este:

$$\Delta U = \nu C_v (T_f - T_i) = \frac{3}{2} \nu R (T_f - T_i)$$

Înlocuim datele:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_f - T_i) = \frac{3}{2} \times 2 \times 8,31 \times (300 - 500) = -4986 \text{ J}$$

Prin urmare:

$$L = -\Delta U$$

$$L = 4986 \text{ J}$$

7. Un motor termic funcționează după un ciclu Carnot în care temperatura sursei reci este 27°C și temperatura sursei calde este 427°C . Ce valoare are raportul $|Q_{cedat}/Q_{primit}|$?

- a) 0,06; b) 3/7; c) 15,8; d) 7/3

Soluție: b)

0,9p

$$|Q_{cedat}|/Q_{primit} = T_{rece}/T_{cald} = 300\text{K}/700\text{K} = 3/7$$

8. O cantitate de gaz ideal monoatomic primește căldura Q într-o transformare izobară. Pentru $C_v = 1,5R$, variația energiei interne este:

- a) $\Delta U = Q$; b) $\Delta U = 0,6Q$; c) $\Delta U = 0,4Q$; d) $\Delta U = 2Q$

Soluție: b)

0,9p

Transformare izobară:

$$Q = \vartheta C_p \Delta T; \Delta U = \vartheta C_v \Delta T$$

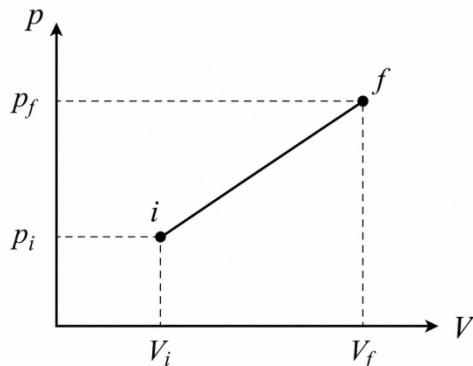
Pentru gaz monoatomic: $C_v = 1,5R$ și $C_p = 2,5R$

deci

$$\frac{\Delta U}{Q} = \frac{1,5}{2,5} = 0,6$$

$$\Delta U = 0,6 Q$$

9. Un gaz se destinde cvasistatic din starea inițială i în starea finală f , conform diagramei p - V din figura de mai jos. În timpul procesului, presiunea crește liniar cu volumul.



Se cunosc următoarele valori: $p_i = 2 \cdot 10^5$ Pa, $p_f = 4 \cdot 10^5$ Pa, $V_i = 1$ L și $V_f = 3$ L. Lucrul mecanic efectuat de gaz în procesul $i \rightarrow f$ este:

- a) 200 J ; b) 600 J ; c) 1200 J ; d) 100 J

Soluție:b)

0,9p

Într-o diagramă p - V , lucrul mecanic efectuat de gaz este egal cu aria de sub graficul procesului. Deoarece presiunea crește liniar cu volumul, aria de sub grafic este aria unui trapez dreptunghic. Bazele trapezului sunt presiunile p_i (b) și p_f (B), iar înălțimea (h) este variația volumului $\Delta V = V_f - V_i$.

Formula ariei trapezului este:

$$A = \frac{B+b}{2} \times h$$

Calculăm variația volumului:

$$\Delta V = V_f - V_i = 3 - 1 = 2 \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

de unde

$$L = \frac{p_f + p_i}{2} \times \Delta V = \frac{2 \times 10^5 + 4 \times 10^5}{2} \times 2 \times 10^{-3} = 600 \text{ J}$$

$$L = 600 \text{ J}$$

10. Lucrul mecanic efectuat de ϑ moli dintr-un gaz ideal biatomic ($C_p = 7R/2$) în timpul unui proces adiabatic, în care temperatura se modifică de la T_1 la T_2 , are expresia:

a) $\frac{7\vartheta R}{2}(T_2 - T_1)$; b) $\frac{-5\vartheta R}{2}(T_2 - T_1)$; c) $\frac{-7\vartheta R}{2}(T_2 - T_1)$; d) $\frac{5\vartheta R}{2}(T_2 - T_1)$

Soluție: b)

0,9p

Pentru un gaz biatomic ideal, $C_v = C_p - R = 5R/2$

Într-un proces adiabatic $Q=0$, deci $\Delta U = -L$

$$\Delta U = -L = -\vartheta C_v (T_2 - T_1) \text{ cu } C_v = \frac{5}{2} R$$

$$\rightarrow L = \frac{-5\vartheta R}{2}(T_2 - T_1)$$

11. Un vas cilindric orizontal, închis, de volum total $V = 10$ l, este împărțit în două compartimente printr-un piston mobil, termoizolant, fără frecare. Pistonul este inițial în echilibru mecanic. În primul compartiment se află $\vartheta_1 = 1$ mol de gaz ideal la temperatura $t_1 = 27^\circ\text{C}$, iar în al doilea compartiment se află $\vartheta_2 = 2$ moli din alt gaz ideal la temperatura $t_2 = 327^\circ\text{C}$. Se cere:

a) Să se afle volumele V_1 și V_2 ocupate inițial de cele două gaze.

b) Să se determine raportul temperaturilor celor două gaze dacă pistonul ajunge la mijlocul cilindrului și se află din nou în echilibru mecanic.

Barem: 4p cu a) 2p b) 2p

Soluție:

Transformăm temperaturile în Kelvin:

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 327 + 273 = 600 \text{ K}$$

a) Să se afle volumele V_1 și V_2 ocupate inițial de cele două gaze.

Pistonul este în echilibru mecanic, deci presiunile celor două gaze sunt egale:

$$p_1 = p_2$$

0,5 p

Pentru fiecare gaz ideal folosim ecuația de stare:

$$pV = \vartheta RT$$

Deoarece presiunile sunt egale, rezultă:

$$\frac{\vartheta_1 R T_1}{V_1} = \frac{\vartheta_2 R T_2}{V_2}$$

$$\rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\vartheta_1 T_1}{\vartheta_2 T_2}$$

0.5 p

Înlocuind valorile numerice:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1 \times 300}{2 \times 600} = \frac{1}{4}$$

Deci:

$$V_2 = 4 V_1$$

0.5 p

Volumul total este:

$$V = V_1 + V_2 = 10 \text{ l}$$

Rezultă:

$$V_1 + 4 V_1 = V$$

$$5 V_1 = V$$

$$V_1 = \frac{V}{5} = \frac{10}{5} = 2 \text{ l}$$

Prin urmare:

$$V_1 = V / 5 = 2 \text{ l}$$

$$V_2 = 4V / 5 = 8 \text{ l}$$

0,5 p

b) Să se determine raportul temperaturilor celor două gaze dacă pistonul ajunge la mijlocul cilindrului și se află din nou în echilibru mecanic

Dacă pistonul este la mijlocul cilindrului, cele două volume sunt egale:

$$V_1' = V_2' = V / 2 = 5 \text{ l}$$

Pentru echilibru mecanic trebuie să avem din nou:

$$p_1' = p_2'$$

0.5 p

Aplicăm ecuația de stare în starea finală:

$$\frac{\vartheta_1 R T_1'}{V_1'} = \frac{\vartheta_2 R T_2'}{V_2'}$$

0.5 p

Cum volumele de gaz sunt egale, rezultă:

$$\vartheta_1 T_1' = \vartheta_2 T_2'$$

$$\frac{T_1'}{T_2'} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = 2$$

Prin urmare:

$$\frac{T_1'}{T_2'} = 2$$

1 p

12. O butelie având volumul $V_1 = 10 \text{ l}$ conține aer la presiunea $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. O a doua butelie, având volumul $V_2 = 5 \text{ l}$, conține azot la presiunea $p_2 = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Cele două butelii sunt legate printr-un tub cu volum neglijabil, prevăzut cu o membrană care se rupe dacă diferența dintre presiunile celor două gaze este $\Delta p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Ambele gaze, considerate ideale, se află la temperatura $t = 70^\circ \text{C}$. Masa molară a aerului este $\mu_1 = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, iar masa molară a azotului este $\mu_2 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

Determinați:

- numărul de molecule de aer aflate în prima butelie;
- masa minimă de azot care trebuie introdusă suplimentar în cea de-a doua butelie, de volum V_2 , pentru a produce ruperea membranei, temperatura rămânând constantă în ambele butelii;
- masa molară a amestecului obținut după ruperea membranei și stabilirea echilibrului.

Barem: 5p cu a) 1.5p b) 2p c) 1.5 p

Soluție:

Date:

$$V_1 = 10 \text{ l} = 10^{-2} \text{ m}^3; p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa};$$

$$V_2 = 5 \text{ l} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3; p_2 = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa};$$

$$\Delta p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa};$$

$$t = 70^\circ \text{C}; T = 70 + 273 = 343 \text{ K}$$

$$\mu_1 = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}; \mu_2 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}.$$

- a) Numărul de molecule de aer aflate în prima butelie

$$p_1 V_1 = \vartheta_1 RT \Rightarrow \vartheta_1 = \frac{p_1 V_1}{RT} \quad 0,5 p$$

$$\vartheta_1 = \frac{2 \times 10^5 \times 10^{-2}}{8,31 \times 343} \approx 0,702 \text{ moli}$$

$$\vartheta_1 \approx 0,702 \text{ moli} \quad 0,5 p$$

$$\vartheta_1 = \frac{N_1}{N_A} \rightarrow N_1 = \vartheta_1 \times N_A = 0,702 \times 6,022 \times 10^{23} \approx 4,23 \times 10^{23} \text{ molecule}$$

$$N_1 \approx 4,23 \times 10^{23} \text{ molecule} \quad 0,5 p$$

- b) Masa minimă de azot introdusă suplimentar pentru spargerea membranei

Membrana se sparge când diferența de presiune devine $\Delta p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Deoarece presiunea în prima butelie rămâne $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, presiunea azotului trebuie să ajungă la:

$$\begin{aligned} p_2' - p_1 &= \Delta p \\ p_2' &= p_1 + \Delta p \\ p_2' &= 2 \times 10^5 + 2 \times 10^5 = 4 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned} \quad 0,5 \text{ p}$$

Creșterea presiunii azotului este:

$$\begin{aligned} \Delta p_2 &= p_2' - p_2 \\ \Delta p_2 &= 1 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned} \quad 0,5 \text{ p}$$

Pentru a crește presiunea azotului de la p_2 la p_2' , cantitatea suplimentară de azot introdusă în butelie este

$$\begin{aligned} \Delta \vartheta_2 &= \vartheta_2' - \vartheta_2 = \frac{p_2' \times V_2}{RT} - \frac{p_2 \times V_2}{RT} \\ \Delta \vartheta_2 &= \frac{(p_2' - p_2) \times V_2}{RT} = \frac{\Delta p_2 \times V_2}{RT} \\ \Delta \vartheta_2 &= \frac{10^5 \times 5 \times 10^{-3}}{8,31 \times 343} \cong 0,175 \text{ moli} \\ \Delta \vartheta_2 &\cong 0,175 \text{ moli} \end{aligned} \quad 0,5 \text{ p}$$

De unde

$$\begin{aligned} \Delta m_2 &= \Delta \vartheta \times \mu_2 \\ \Delta m_2 &= 0,175 \times 28 \times 10^{-3} \cong 4,9 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ \Delta m_2 &\cong 4,9 \times 10^{-3} \text{ kg} = 4,9 \text{ g} \end{aligned} \quad 0,5 \text{ p}$$

c) Masa molară a amestecului după spargerea membranei

După introducerea azotului suplimentar, cantitatea totală de azot din a doua butelie este:

$$\begin{aligned} \vartheta_2' &= \frac{p_2' \times V_2}{RT} \\ \vartheta_2' &= \frac{4 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3}}{8,31 \times 343} \cong 0,702 \text{ moli} \end{aligned} \quad 0,5 \text{ p}$$

Dar

$$m_{amestec} = m_1 + m_2'$$

și

$$\vartheta = \frac{m}{\mu}$$

Prin urmare:

$$\vartheta_{amestec} \mu_{amestec} = \vartheta_1 \mu_1 + \vartheta_2' \mu_2$$

$$\vartheta_{amestec} = \vartheta_1 + \vartheta_2'$$

0,5 p

$$\rightarrow \mu_{amestec} = \frac{\vartheta_1 \mu_1 + \vartheta_2' \mu_2}{\vartheta_1 + \vartheta_2'}$$

$$\mu_{amestec} = \frac{0,702 \times 29 \times 10^{-3} + 0,702 \times 28 \times 10^{-3}}{0,702 + 0,702} = 28,5 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$\mu_{amestec} = 28,5 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

0,5 p